

IFW

Docket No.: ZTP01P18004

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By:  Date: June 13, 2005

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/689,420 Confirmation No: 2801  
Applicant : Hans-Wilhelm Klein  
Filed : October 20, 2003  
Art Unit : 2829  
Examiner : Vinh P. Nguyen  
Title : Method and Apparatus for Measurement of the Winding  
Temperature of a Drive Motor  
Docket No. : ZTP01P18004  
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

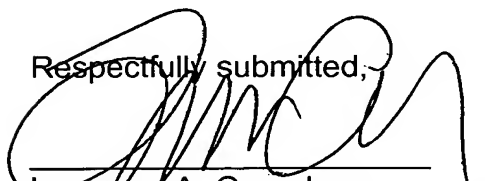
Commissioner for Patents,  
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 19 201.0, filed April 19, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
Laurence A. Greenberg  
Reg. No. 29,308

Date: June 13, 2005  
Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/av

BEST AVAILABLE COPY



420

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

**Aktenzeichen:** 101 19 201.0

**Anmeldetag:** 19. April 2001

**Anmelder/Inhaber:** BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE  
GMBH, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Messen der  
Wicklungstemperatur eines Antriebsmotors

**IPC:** H 02 H 7/08

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 21. März 2002  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Jerofsky

## 5 Verfahren und Vorrichtung zum Messen der Wicklungstemperatur eines Antriebsmotors

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Wicklungstemperatur  
10 eines Antriebsmotors, eine dementsprechende Vorrichtung und ein Steuerungssystem.

Bisher wurden zur Messung der Wicklungstemperatur Thermowächter bzw.  
Thermoprotektoren in Form von kombinierten Temperatursensoren und Schaltern  
eingesetzt, die in enger thermischer Koppelung zu den Wicklungen angeordnet sind. Bei  
15 Erreichen von bestimmten Ansprechtemperaturen wird hiermit die Motorwicklung  
abgeschaltet. Dieses Verfahren erfordert mindestens ein zusätzliches Bauelement der  
eingangs erwähnten Bauart.

Weiterhin ist ein Verfahren bekannt, bei dem aus der Messung des Wicklungsstromes und  
20 einer Zeitdauer ein Ersatzwert für die Wicklungstemperatur ermittelt wird. Als Ersatzwert  
wird hier z.B. das Produkt aus dem Quadrat des Wicklungsstromes und der  
Einschaltdauer  $t_e$  entsprechend der Gleichung  $P = I^2 \cdot t_e$  verwendet. Nachteilig ist hier die  
Ungenauigkeit des Verfahrens, da Toleranzen und andere Einflüsse nur sehr  
eingeschränkt berücksichtigt werden können. Nach diesem Verfahren arbeiten u.a.  
25 sogenannte Motorschutzschalter, bei denen über durch den Stromfluß beheizte  
Bimetalschalter die Stromwärme genutzt wird, um indirekt auf die Wicklungstemperatur  
zurückzuschließen.

Ein bezüglich der Stromerfassung anderes Verfahren macht spezielle Sensoren  
30 erforderlich, um eine ausreichend genaue Stromabbildung zu ermöglichen. Bekannt sind  
hier u.a. auf der Basis von Hall-Elementen arbeitende Stromsensoren in einem  
Magnetringkern, der den Leiter umschließt, in dem der Strom gemessen werden soll. Der  
Stromsensor befindet sich in einer Anschlußleitung zur Motorwicklung. Der erfaßte  
Stromwert liegt gegenüber dem Strom selbst als potentialfreies Signal vor. Nach diesem  
35 Verfahren gemessene Ströme können zur Ermittlung des Wicklungswiderstandes  
verwendet werden. Hierzu ist außer dem Strom die Zwischenkreisspannung zu messen  
und entsprechend  $R = U / I$  der Wicklungswiderstand bzw. Teile oder ein Mehrfaches

- 5 davon unter Berücksichtigung der Spannungsfälle an der Steuerelektronik zu ermitteln. Aus der Änderung der ermittelten R- Werte kann auf die Wicklungstemperatur geschlossen werden. Dieses Verfahren bietet sich bei Motoransteuerelektroniken an, bei dem ein entsprechend kurzzeitiges Einschalten der Wicklung oder Wicklungen möglich ist, wie Umrichter mit Pulsbreitenmodulation. Die Stromerfassung selbst ist durch die
- 10 Sensorik relativ aufwendig gestaltet.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, eine dementsprechende Vorrichtung und ein Steuerungssystem zu schaffen, die genauere Ergebnisse bei geringem schaltungstechnischen Aufwand liefern.

- 15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 10 gelöst. Ferner ist auch ein Steuerungssystem mit den Merkmalen von Anspruch 15 eine Lösung der vorstehenden Aufgabe. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand
- 20 der jeweiligen Unteransprüche.

- Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Messung der Wicklungstemperatur sieht vor, daß auf bekannte Schaltungen aufgebaut wird. Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE-OS 2 333 978 ist zur Drehzahlregelung von Induktionsmotoren eine über Halbleiterelemente
- 25 steuerbare Brückenschaltung bekannt, die aus einem Gleichspannungs-Zwischenkreis einen dreiphasigen Wechselstrom zur Speisung eines dreiphasigen, dreisträngigen Motors aufbereitet. Dieses Prinzip und die Verwendung entsprechender Schaltungen hat sich bewährt. So wird auch in der Anmeldung EP 0 866 339 A1 prinzipiell auf dieser Schaltung aufbauend ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung vorgestellt, bei dem
- 30 aus Strommessungen in den Querzweigen eines mehrsträngigen Wechselrichters durch eine spezielle Auswertung die Motorströme ermittelt werden, um diese als Istwerte einer Regelung der Motordrehzahl zuzuführen.

- Der Erfindung liegt weiter die Erkenntnis zugrunde, daß eine kurzzeitig andauernde
- 35 Belastung nicht zu einer Überhitzung eines Motors führen kann, da jeder Motor eine hohe thermische Kapazität aufweist. Erfindungsgemäß wird eine Temperaturüberwachung über eine Messung der Wicklungswiderstände des geregelten Motors vorgenommen, durch einen Vergleich zwischen einem Wert eines jeweiligen Kaltwiderstands und einem

- 5 aktuellen Widerstand im erwärmten Zustand durchgeführt wird.

In einer wesentlichen Weiterbildung der Erfindung erfolgen Messungen im Zuge einer Langzeitüberwachung nicht kontinuierlich. Als effektiver Schutz vor Überhitzung des Motors ist damit eine Langzeitüberwachung ausreichend, die auch nicht kontinuierlich  
10 vorgenommen werden muß, sondern zu diskreten Zeitpunkten erfolgen kann. Diese Meßmethode ist in besonderer Weise auch an tatsächliche Betriebsbedingungen moderner Motoren angepaßt. Insbesondere in Hausgeräten, wie z.B. Waschmaschinen, Schleudern, etc. als Wäschebehandlungsvorrichtungen mit größeren Motorleistungen, laufen Motoren nicht kontinuierlich mit gleicher Drehzahl und in gleicher Richtung. Es  
15 findet zur Erzeugung einer bestimmten Waschmechanik oder einer besseren Verteilung des Waschguts innerhalb einer Wäschetrommel und zur Minderung einer Unwucht vielmehr ein Wechsel zwischen den Drehrichtungen statt. Im Zuge der wechselnden Drehrichtungen treten immer wieder kurze Pausen oder Stillstandsphasen auf, in denen der Motor auch stromlos geschaltet ist. Vorzugsweise werden gerade diese Pausen zur  
20 Messung eines aktuellen Wertes der Wicklungswiderstände genutzt.

Prinzipiell kann bei genauer Kenntnis des Kaltwiderstandes und der sonstigen Materialparameter aus einer Widerstandsmessung durch den Umrichter hindurch auf die Temperatur der Motorwicklungen rückgeschlossen werden. Damit wird eine schon  
25 vorhandene Schaltung unter Eingriff durch ein ebenfalls schon vorhandenes Steuerungsmittel lediglich über kurze Zeitabschnitte einer zusätzlichen Aufgabe zugeführt. Auf der Grundlage einer Strom- und Spannungsmessung kann dieses Verfahren wahlweise auch während des laufenden Motors durchgeführt werden.

30 In einer Ausführungsform der Erfindung wird aus dem stromlosen Zustand heraus die Zeit bis zum Erreichen eines Strom-Schwellwertes bei Anlegen einer Meßspannung, vorzugsweise der Zwischenkreisspannung, gemessen. Diese Meßzeit bis zum Ansprechen eines Schwellwertschalters oder Komparators verkürzt sich durch eine durch die Erwärmung der Wicklung bewirkte Erhöhung des Gesamtwiderstandes deutlich  
35 meßbar.

In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung werden bei ansteigendem Stromfluß zu zwei Zeitpunkten Messungen der Stromwerte durch den Motor hindurch gemessen.

- 5 Dabei sind die zwei Zeitpunkte der Messung in ihrem Abstand zueinander fest vorgegeben. So läßt sich bei prinzipiell bekanntem Kurvenverlauf wiederum eine Widerstandsänderung und mithin eine Temperaturerhöhung berechnen.

- 10 Vorteilhafterweise werden die Meßwerte gespeichert, so daß aufeinander folgende Werte miteinander verglichen werden können, um eine Veränderung der Wicklungstemperatur feststellen zu können. So wird auch ein allmähliges Annähern einer aktuellen Wicklungstemperatur an einen kritischen Temperaturbereich ausreichend frühzeitig bemerkt, so daß von der Motorsteuerung aus durch geeignete Maßnahmen für eine Abkühlung gesorgt werden, mindestens aber einem weiteren Ansteigen der aktuellen
- 15 Wicklungstemperatur entgegengewirkt werden kann. Ein einfaches Mittel kann bereits in einer Reduzierung der Einschaltdauer des Motors gegeben sein. Zudem sollte eine Meldung an einen Anwender ausgegeben werden, damit durch eine Kontrolle der Zufuhrwege für Frischluft thermische Probleme und eine damit erfindungsgemäß zum Schutz des Motors automatisch veranlaßte Verlängerung einer Programmlaufzeit beseitigt werden können. Erfahrungsgemäß sind Staubansammlungen, verstopfte oder schlecht
- 20 gewartete Filter, oder auch ein versehentlich die Zufuhrwege für Frischluft abdeckender Gegenstand leicht und schnell beseitigbare Ursachen für stark erhöhte Motortemperaturen, die ohne Verwendung eines erfindungsgemäßen Schutzmechanismus in kurzer Zeit zu einem thermisch verursachten Ausfall des Motors
- 25 führen würden.

- Ein Kaltwiderstand der Motorwicklungen und sonstige Motorparameter können bei der Installation einmalig gemessen und in einer Vorrichtung zur Temperatur-Überwachung fest gespeichert werden. Bei größeren Serienfertigungen sind Abweichungen von bis ca.
- 30 5% jedoch akzeptabel, so daß hier auch aus Kostengründen mit fest vorgegebenen Standardwerten gearbeitet werden kann. Auf weitere Näherungen wird nachfolgend in Zusammenhang mit der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels eingegangen.

- Als Ergänzung zu der reinen Temperaturüberwachung kann auch der durch den
- 35 Umrichter zufließende Strom überwacht werden. Dazu sind zwei Meßschwellen, eine Vorwarnschwelle und eine darüberliegende Notabschaltschwelle, in einer Stromauswerteschaltung definiert. Dabei kann die Stromauswerteschaltung beispielsweise durch Rückgriff auf einen Spannungsabfall in dem allen Halbbrücken des

- 5 Umrichters gemeinsamen Shunt in jedem Betriebszustand erfolgen, also ohne Beeinträchtigung auch während des laufenden Motors.

- Vorteilhafterweise werden durch ein erfindungsgemäßes Verfahren und eine dementsprechende Vorrichtung neue Möglichkeiten zur einfachen und sicheren
- 10 Temperaturüberwachung bei Elektromotoren beliebiger Bauform und Antriebsgestaltung geschaffen. Es ist dabei erfindungsgemäß kein Sensor und keine zusätzliche analoge Stromerfassung erforderlich. Zudem sind keinerlei Änderungen oder Eingriffe an dem Elektromotor selber vorzunehmen, da ein erfindungsgemäßes Verfahren eine indirekte Messung vorsieht und vollständig im Bereich eines Leistungsumrichters umgesetzt wird.
- 15 Es sind mithin auch keine zusätzlichen Leitungen zwischen dem Elektromotor und dem Leistungsumrichter vorzusehen.

- Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher
- 20 erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Figur 1: eine skizzierte Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems und

- Figur 2: ein Diagramm zur Darstellung des prinzipiellen zeitlichen Verlaufes des
- 25 temperaturabhängigen Widerstands einer Motorwicklung.

- Die Abbildung von Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zur Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung eines Asynchronmotors 1, der über
- 30 einen Umrichter 2 mit einer Netzspannung 3 verbunden ist. Außer der Steuerung im normalen Motorbetrieb werden mit der nachfolgend beschriebenen Schaltungsanordnung Wicklungswiderstände erfaßt, über deren Änderung auf der Grundlage einer nachfolgend hergeleiteten Formel eine aktuelle Wicklungstemperatur bestimmt wird. Dabei baut ein
- 35 erfindungsgemäßes Verfahren auf einer aus dem Stand der Technik bekannten Schaltungsanordnung auf. Sie stellt eine vorteilhafte Erweiterung zur Überwachung der Wicklungstemperatur des Motors 1 dar, die bei geringen Mehrkosten sofort in diversen Antrieben eingesetzt werden kann, also nicht nur bei Asynchronmotoren mit Riemengetriebe, sondern auch Synchronmotoren in Direktantrieben etc.

5

Der Umrichter 2 umfaßt u.a. einen Gleichrichter 21, der aus dem Wechselspannungsnetz 3 einen Gleichspannungszwischenkreis 22 versorgt. An diesem Zwischenkreis 22 wird ein 3-phasiger Wechselrichter 23 betrieben, der im wesentlichen aus drei Halbbrücken 231, 232, 233 besteht, die wiederum je zwei Schalter in Form von Leistungshalbleitern 2311, 2312, 2321, 2322, 2331, 2332 und dazugehörige Treiber 234, 235, 236 aufweist. Über die Halbbrücken 231, 232, 233 wird die Spannung des Zwischenkreises mittels Pulsweitenmodulation, im weiteren abgekürzt als PWM bezeichnet, an drei im Stern geschalteten Wicklungen 11, 12, 13 des Asynchronmotors 1 geschaltet. Mit einer sinusbewerteten PWM werden sinusförmige Motorströme erzeugt. Hierbei werden die erforderlichen Pulsmuster von einem Mikrocontroller 24 erzeugt und über die Treiber 234, 235, 236 den Leistungsschaltern 2311, 2312, 2321, 2322, 2331, 2332 vorgegeben.

Weiterhin sind eine Stromerfassungsschaltung 25 und eine Stromauswerteschaltung 237 vorgesehen. Ebenfalls ist eine Erfassungsschaltung für die Zwischenkreisspannung 238 notwendig. Beide Erfassungsschaltungen sind mit dem Mikrocontroller 24 verbunden, der die Berechnung des Wicklungswiderstandes, dessen Änderung und daraus die Bestimmung der Wicklungstemperatur vornimmt. Die Stromerfassungsschaltung 25 ist in der vorliegenden Ausführungsform in Form eines Shunts 25 in die Verbindungsleitung zwischen dem Minuspol des Zwischenkreises 22 und dem Wechselrichter 23 geschaltet und erfaßt damit den gesamten Strom des Motors 1. Die Stromauswerteschaltung 237 besteht im wesentlichen aus einer Komparatorschaltung, die einen Stromwert mit einem Referenzwert vergleicht. Bei Erreichen eines Referenzwertes findet ein Zustandswechsel eines Binärsignales zur Beendigung einer Zeitmessung statt, deren Ergebnis von dem Mikrocontroller 24 nach einer im folgenden noch im Detail hergeleiteten Formel ausgewertet wird.

Die Zwischenkreisspannung wird als analoger Wert in der Erfassungsschaltung 238 mittels eines Spannungsteilers erfaßt und über einen analog/digital-Wandler bzw. A/D-Wandler 241 in den Mikrocontroller 24 eingelesen. Dabei kann der A/D-Wandler 241 in bekannter Weise als integraler Teil des Mikrocontrollers 24 ausgeführt, wie auch die Stromauswerteschaltung 237 und sonstige Komponenten der beschriebenen Vorrichtung. Die einzelnen Einrichtungen können jedoch auch diskret aufgebaut werden, so daß ein bereits vorhandener Mikrocontroller 24 nicht verändert bzw. erweitert werden muß.



5

Voraussetzung für die Erfassung des Wicklungswiderstandes ist, daß die Wicklungszeitkonstante  $\tau$  bekannt ist. Für den Einsatz dieser Schaltung mit einer bestimmten Motortype besteht hierin aber keine zusätzliche Forderung, zumal derartige Kenngrößen und Motorparameter für eine Drehzahlregelung ohnehin bekannt sein müssen. Dabei werden diese Parameter in dem Mikrocontroller 24 bzw. in dem dazugehörigen Speicherbaustein 242 abgespeichert. Fertigungstoleranzen können in dem hier beschriebenen Fall einer Auslegung für eine Serien- bzw. Massenfertigung vernachlässigt werden. Aufgrund der nachfolgend dargestellten relativen Auswertung der Wicklungswiderstände, d.h. einer Erfassung nur von Änderungen der jeweiligen Werte, ist es unerheblich, ob nun ein Wicklungswiderstand oder, wie hier beschrieben, zwei in Reihe geschaltete Wicklungswiderstände ausgewertet werden. Für die Messung ist die Durchschaltung von mindestens zwei Halbleiterschaltern erforderlich, deren Spannungsfälle gegenüber der Zwischenkreisspannung ebenfalls vernachlässigt werden, da diese nur maximal etwa 2% der Zwischenkreisspannung betragen und deren Änderungen über der Temperatur nur Bruchteile dieser Werte betragen. Weiterhin kann der Shuntwiderstand 25 gegenüber den Wicklungswiderständen vernachlässigt werden. Darüber hinaus wird vorausgesetzt, daß bis zum Erreichen eines Stromreferenzwertes magnetische Sättigungseinflüsse ebenfalls vernachlässigbar sind.

25

Der Ablauf der Messung geschieht in einer ersten Ausführungsform folgendermaßen:

30

Im Stillstand des Motors 1 wird durch ein mit dem Mikrocontroller 24 vorgegebenes Pulsmuster jeweils ein Schalttransistor in zwei unterschiedlichen Halbbrücken eingeschaltet, z.B. 2311 und 2322 in den Halbbrücken 231 und 232, so daß ein Strom  $i$  entsprechend der angenommenen Sternschaltung der Asynchronmotorwicklung des Motors 1 über die zwei Motorwicklungen 11, 12 fließt. Durch den relativ geringen Widerstand der in diesem Kreis liegenden Wicklungen und Halbleiter wird die Stromstärke und ein dadurch an dem Shunt 25 erzeugter Spannungswert in einer kurzen Zeit  $t_1$  einen Referenzwert  $i_{ref}$  der Auswerteschaltung 237 erreichen. Die dadurch ausgelöste Signaländerung wird vom Mikrocontroller 24 ausgewertet und die Ansteuerung der vorstehend genannten Schalttransistoren 2311 und 2322 abgeschaltet und damit die Zwischenkreisspannung von den Wicklungen 11, 12 des Motors 1 abgeschaltet. Die Zeit  $t_1$  ist nun ein Maß für die Größe des Stromflusses. Nach Messung der besagten Zeit  $t_1$  wird jeweils die Zwischenkreisspannung  $U$  von dem Mikrocontroller 24 über den

35

- 5 Spannungsteiler 238 zum Abgreifen der Zwischenkreisspannung und A/D-Wandler 241 ausgewertet. Damit lassen sich nun folgende Rechengrößen ermitteln:

10 
$$i_{\text{ref}} = \frac{U}{R} (1 - e^{-t_1/\tau}) \quad (1)$$

Daraus folgt die Änderung des Wicklungswiderstands entsprechend zu:

15 
$$\Delta R = \frac{U}{i_{\text{ref}}} (1 - e^{-t_1/\tau}) - R_{20}$$

20 mit  $t_1$  = Zeit vom Einschalten bis zum Erreichen eines Meßzeitpunktes;  
 $\tau$  = Wicklungszeitkonstante  $L/R$ ;  
 $i_{\text{ref}}$  = Referenzwert des Wicklungsstromes;  
 $U$  = Zwischenkreisspannung und  
 $R$  = momentaner Wicklungswiderstand

- 25 Zur Erfassung der mittleren Temperaturzunahme der Wicklung kann nun immer in Drehpausen, also bei Stillstand des Motors, der Wicklungswiderstand ermittelt werden.

Mit :  $R_{20}$  = Kaltwiderstand oder Bezugswiderstand, und  
 $k_P$  = Proportionalitätsfaktor

- 30 läßt sich für die ermittelten Widerstandswerte die Temperaturänderung  $\Delta T$  berechnen zu:

$$R = R_{20} (1 + k_P \cdot \Delta T)$$

Daraus ergibt sich schließlich die Temperaturänderung  $\Delta T$  als:

35 
$$\Delta T = \frac{R - R_{20}}{R_{20} \cdot k_P} \quad (2)$$

- 40 Die Abbildung von Fig. 2 zeigt ein Diagramm zur Darstellung des prinzipiellen zeitlichen Verlaufes des temperaturabhängigen Widerstands einer Motorwicklung. In Abhängigkeit von der Wicklungserwärmung verläuft die Kurve des Stromanstiegs gemäß Gleichung (1) unterschiedlich steil. Dabei verhält sich die Wicklung insgesamt wie ein Kaltleiter, d.h. der Widerstand der Wicklung nimmt bei wachsender Temperatur gut meßbar zu. Damit wird ein Schwellwert  $i_{\text{ref}}$  bei einer kälteren Wicklung stets später als bei einer weiter erwärmten
- 45 Wicklung erreicht. Die relativ genaue Bestimmung dieser Zeitdifferenz vom Beginn der Strommessung bis zum Erreichen des Schwellwertes ist damit sehr wichtig.

- 5 Eine zweite Ausführungsform baut auf der Kenntnis der Kurvenform und deren Parameter sowie der vorstehend beschriebenen Temperatureinflüsse auf den Kurvenverlauf auf. Von einem definierten Stromwert aus, hier wird weiterhin der Stillstand des Motors 1 mit dem damit verbundenen Stromwert 0 bevorzugt, wird das Ansteigen des Stromflusses bei Anlegen einer Spannung, vorzugsweise der durch den Spannungsteiler 238 und den A/D-Wandler 241 in dem Mikrocontroller 24 bekannten Zwischenkreis-Gleichspannung, beobachtet. Zwei in einem genau bekannten zeitlichen Abstand  $\Delta t$  aufeinanderfolgende Strommessungen ermöglichen so über den Kurvenverlauf eine Bestimmung der Wicklungserwärmung über den aktuellen Wicklungswiderstand. Bei diesem Verfahren ist die Zeitmessung unkritischer, da auch nur ein fester Zeitabstand  $\Delta t$  vorgegeben werden kann. Die Genauigkeit der indirekten Temperaturbestimmung hängt hier vielmehr von der Güte der vorzunehmenden beiden Strommessungen ab.

In beiden Verfahren ist die Strombelastung der Wicklung durch den Meßstrom im Stillstand in jedem Fall von so kurzer Dauer, daß hierdurch selber keine meßbare Änderung der Wicklungstemperatur bewirkt wird. Ferner kann in beiden Verfahren der Wert der Temperaturänderung  $\Delta T$  je nach Aufbau und Auslegung einer Auswertungsschaltung innerhalb des Mikrocontrollers 24 nach Gleichung (2) mit einem maximalen Wert  $T_{\max}$  oder einem absoluten Wert  $T'$  verglichen werden.

- 25 Meßverfahren der vorstehend beschriebenen Art können insbesondere dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn auf eine aufwendige Stromerfassung, wie diese z.B. für eine feldorientierte Regelung bei Asynchronmotoren eingesetzt wird, verzichtet werden kann. Als Einsatzbeispiel ist der Trommelantrieb bei einer Waschmaschine zu nennen, wobei der Motor 1 die Waschtrommel 14 über einen Keilriemen 15 antreibt. Die Temperaturüberwachung ist in der Waschmaschine beim Waschvorgang deswegen besonders wichtig, weil hier bei einem hohen Moment und somit auch eine hohe Strombelastung auftritt. Zudem läuft der Motor 1 in dieser Betriebssituation mit niedriger Drehzahl, so daß auch nur eine geringe Kühlung vorhanden ist. Die Situation beim Schleudern hingegen ist demgegenüber günstiger, weil hier bei wesentlich höherer Drehzahl das Antriebsmoment und damit auch die anfallende Stromwärme niedriger sind.

Da neben unzureichender Kühlung auch ein Überstrom zu überhöhten Temperaturen der Wicklung führen kann, wird in einer dritten Ausführungsform, die zugleich mit einer der

- 5 beiden vorstehend beschriebenen Meßverfahren kombinierbar ist, der Strom  $i$  gemessen oder überwacht. Dies geschieht dadurch, daß im Betrieb des Motors 1 die Stromauswerteschaltung 237 den Rückflußstrom aus dem Wechselrichter 23 auswertet. Diese Überwachung kann als Strommessung in der Stromauswerteschaltung 237 alleine, oder aber über dem Shunt 25 als Spannungsabfall ausgebildet sein. Zur wesentlichen
- 10 Vereinfachung der Verfahrens wird die Überwachung über zwei Fensterkomparatoren mit zwei unterschiedlichen Schwellwerten vorgenommen. Ein angesprochener Komparator gibt damit keine analogen Signale, sondern nur ein digitales Schaltsignal weiter. Die erste Schwelle liegt etwas oberhalb des Steuerungsgrenzstromes der PWM. Während eines störungsfreien Betriebs des Wechselrichters 23 wird diese Strombelastung in der Regel
- 15 nicht erreicht. Der Wert der ersten Schwelle liegt bei ca. 60% der zweiten Schwelle, die mithin den Punkt einer Stromüberlastung definiert. Mit Erreichen der zweiten Schwelle wird daher durch den Mikrocontroller 24 oder eine nachgeordnete Steuerungseinheit eine sofortige Notabschaltung des Motors 1 bewirkt.

5

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Wicklungstemperatur (T) eines Antriebsmotors,  
insbesondere eines dreisträngigen Motors (1), der über einen Wechselrichter (23) mit  
drei gesteuerten Halbbrücken (231, 232, 233) aus einem  
10 Gleichspannungszwischenkreis (22) gespeist wird,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
unter mindestens ungefährender Kenntnis eines Kaltwiderstands ( $R_{20}$ ) und sonstiger  
Parameter des Motors (1)  
ein Stromfluß (i) mindestens durch eine der Motorwicklungen (11, 12, 13) durch den  
15 Wechselrichter (23) hindurch gemessen wird und  
aus einer Änderung des Stromflusses über eine Änderung des temperaturabhängigen  
Widerstands ( $\Delta R$ ) eine Temperaturänderung ( $\Delta T$ ) der Wicklungen (11, 12, 13)  
berechnet wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Zeit ( $t_1$ ) des Anstiegs des Stroms (i) bis zum Erreichen mindestens eines  
Referenzwertes ( $i_{ref}$ ) gemessen wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
20 der Stromanstieg während eines festen Zeitintervalls ( $\Delta t$ ) gemessen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
30 **dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Messungen bei Stillstand des Motors (1) vorgenommen werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
35 die Messung gleichzeitig über zwei Wicklungen (11, 12, 13) des Motors (1) erfolgt.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Messung zur Bestimmung einer relativen Abweichung durchgeführt wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Meßergebnisse vorangehender Messungen gespeichert werden.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
eine Rückmeldung an eine Motorsteuerung gegeben wird, so daß insbesondere  
Betriebsphasen des Motors (1) reduziert werden.
- 20 9. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
durch die Motorsteuerung eine Meldung an einen Anwender ausgelöst wird,  
insbesondere in Form eines optischen und/oder akustischen Signals.
- 25 10. Vorrichtung (1) zum Messen der Wicklungstemperatur (T) eines Antriebsmotors,  
insbesondere eines dreisträngigen Motors (1), der über einen Wechselrichter (23) mit  
drei gesteuerten Halbbrücken (231, 232, 233) mit einem  
Gleichspannungszwischenkreis (22) verbunden ist,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
eine Einrichtung (237) zur Strommessung und eine Einrichtung (238, 241) zur  
Spannungsmessung vorgesehen sind, die mit einem Rechenwerk zur Bestimmung  
30 eines momentanen Widerstands (R) verbunden sind, wobei das Rechenwerk auf der  
Basis des momentanen Widerstands (R) oder einer momentanen Änderung des  
temperaturabhängigen Widerstands ( $\Delta R$ ) zur Bestimmung einer Temperaturänderung  
( $\Delta T$ ) oder einer Temperatur (T) der Wicklungen (11, 12, 13) ausgebildet ist.
- 35 11. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
das Rechenwerk Teil eines Mikrocontrollers (24) ist.

- 5 12. Vorrichtung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
in der Vorrichtung mindestens ein Schwellwertkomparator und eine  
Zeitmeßvorrichtung vorhanden sind, insbesondere in dem Mikrocontroller (24).
- 10 13. Vorrichtung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche 10 bis 12,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
in der Vorrichtung eine Einrichtung zur Strommessung vorgesehen ist, die zur  
Messung in einem definierten zeitlichen Abstand ( $\Delta t$ ) und zur Weiterleitung eines  
analogen oder digitalen Signals an eine Auswertungseinrichtung ausgebildet ist, die  
insbesondere als Rechenwerk Teil des Mikrocontrollers (24) ist.
- 15 14. Vorrichtung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche 10 bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
in der Vorrichtung zwei Schwellwertkomparatoren zur Überwachung von zwei  
20 Stromschwellen vorgesehen sind, wobei die eine Stromschwelle insbesondere etwas  
oberhalb eines Steuerungsgrenzstromes einer PWM zur Steuerung von  
Leistungsschaltern (2311, 2312, 2321, 2322, 2331, 2332) eines Umrichters oder  
Wechselrichters (23) liegt und  
25 der Wert der ersten Schwelle bei ca. 60% der zweiten Schwelle liegt, bei dessen  
Erreichen der Mikrocontroller (24) oder eine nachgeordnete Steuerungseinheit zur  
sofortigen Auslösung einer Notabschaltung des Motors 1 ausgebildet ist.
15. Steuerungssystem,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
30 - ein Hausgerät (3) nach einem Verfahren gemäß einem oder mehreren der  
Ansprüche 1 – 9 und/oder  
- mit einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 – 14  
ausgebildet ist.

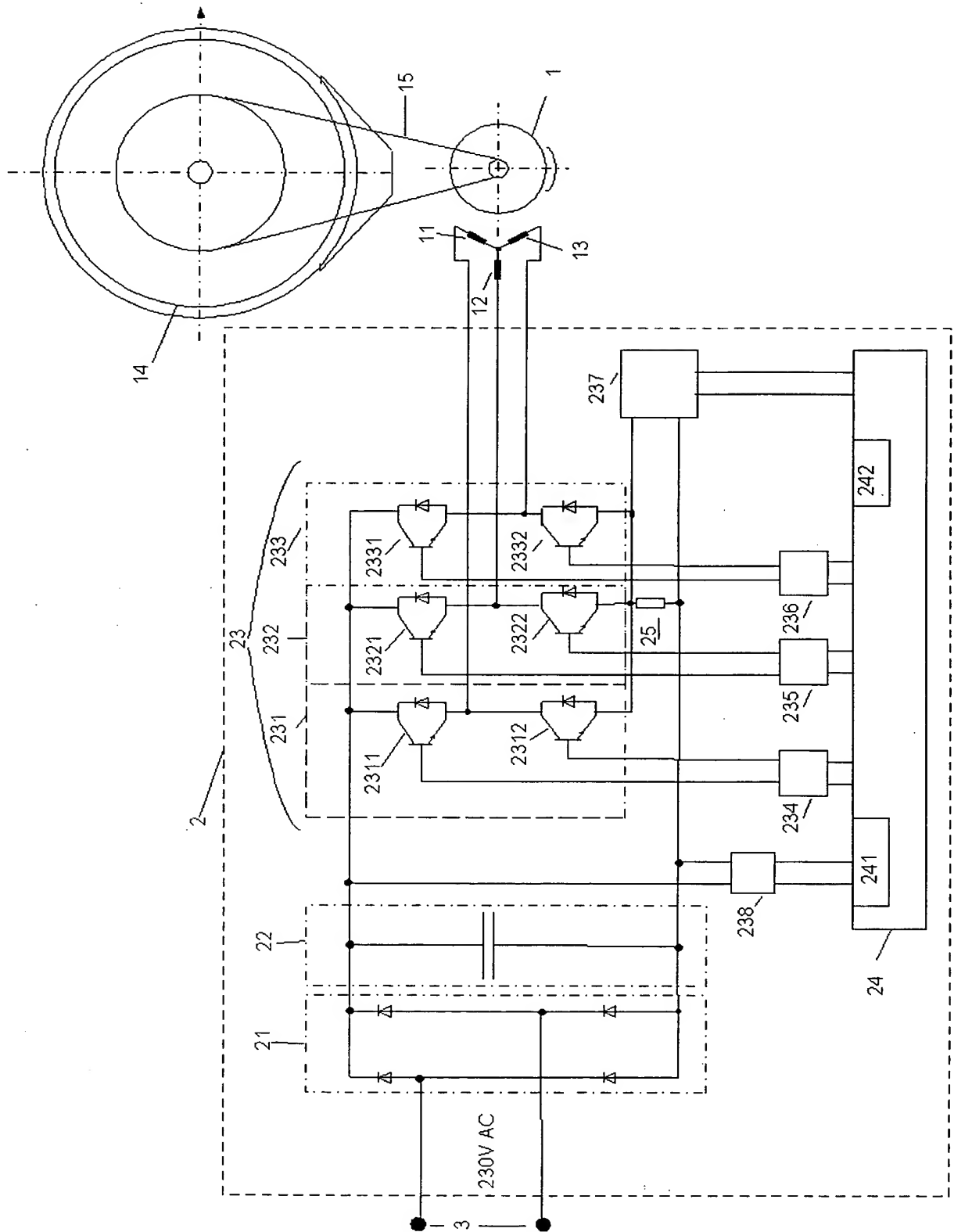


Fig. 1



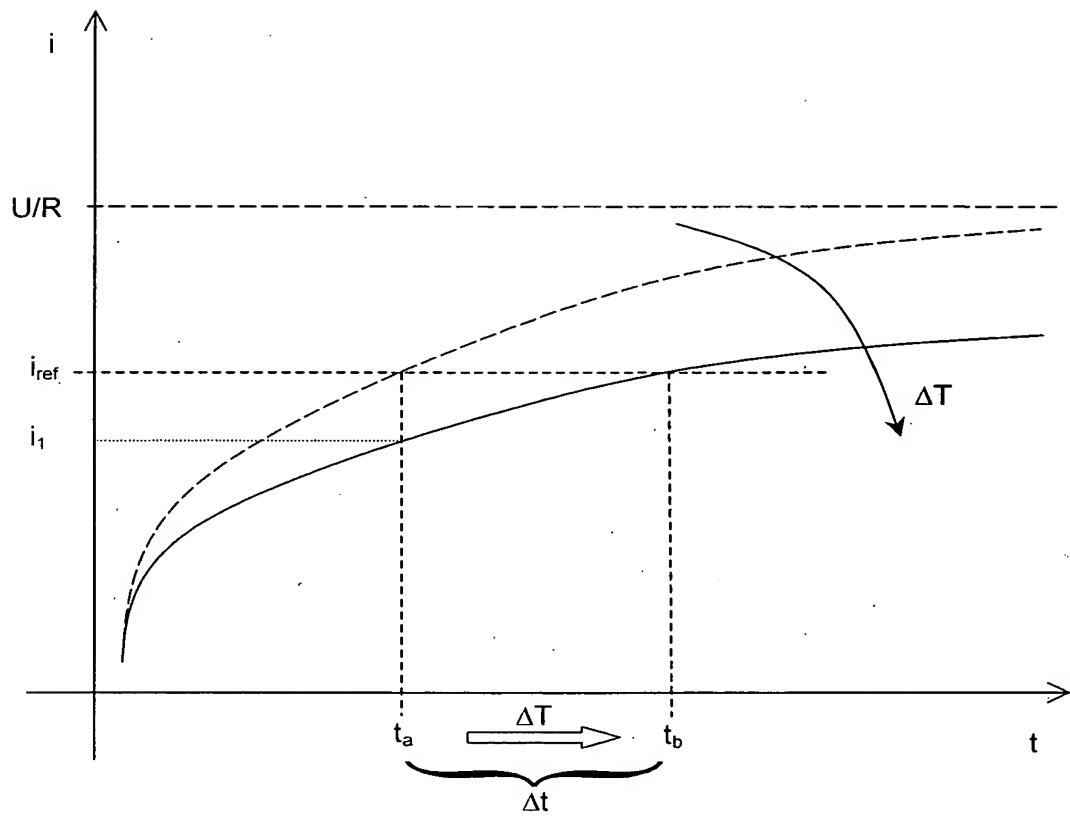


Fig. 2

5

## Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen der Wicklungstemperatur  $T$  eines Antriebsmotors, insbesondere eines dreisträngigen Motors 1, der über einen Wechselrichter 23 mit drei gesteuerten Halbbrücken 231, 232, 233 aus einem Gleichspannungszwischenkreis 22 gespeist wird. Um ein Verfahren, eine dementsprechende Vorrichtung und ein Steuerungssystem zu schaffen, die genauere Ergebnisse bei geringem schaltungstechnischen Aufwand liefern, wird vorgeschlagen, daß unter mindestens ungefährem Kenntnis eines Kaltwiderstands  $R_{20}$  und sonstiger Parameter des Motors 1 ein Stromfluß  $i$  mindestens durch eine der Motorwicklungen 11, 12, 13 durch den Wechselrichter 23 hindurch gemessen wird und aus einer Änderung des Stromflusses über eine Änderung des temperaturabhängigen Widerstands  $\Delta R$  eine Temperaturänderung  $\Delta T$  der Wicklungen 11, 12, 13 berechnet wird.

20

(Fig. 1)

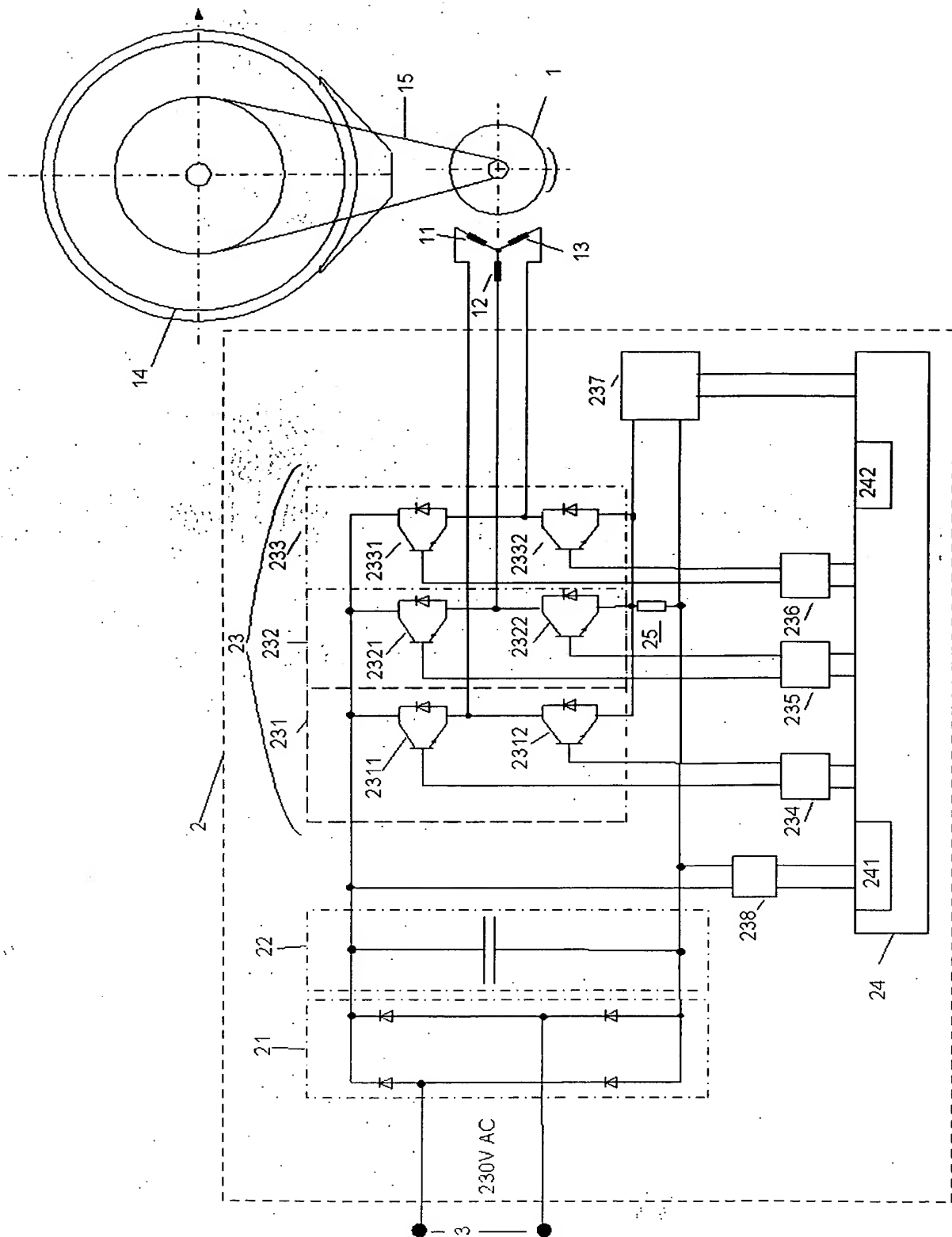


Fig. 1